



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 09 424 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 60 K 6/04**  
B 60 K 17/00

②1 Aktenzeichen: 199 09 424.1  
②2 Anmeldetag: 23. 2. 1999  
④3 Offenlegungstag: 24. 8. 2000

DE 199 09 424 A 1

⑦1 Anmelder:  
Tenberge, Peter, Prof. Dr.-Ing., 09123 Chemnitz, DE

⑦2 Erfinder:  
gleich Anmelder

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE	43 06 381 C2
DE	29 41 501 C2
DE	31 26 487 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Hybridgetriebe für Fahrzeuge

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Hybridgetriebe für Fahrzeuge, bestehend aus einer Antriebswelle, einer Abtriebswelle, einem stufenlosen Stellgetriebe und einem mechanischen Überlagerungs- und Schaltgetriebe. Das Überlagerungsgetriebe ist ein 5-welliges Planetengetriebe mit einer Stegwelle als Getriebeabtriebswelle. Der Steg trägt mehrere Sätze miteinander kämmender Planeten. Die Planeten kämmen mit zwei Hohlrädern und zwei Sonnenrädern. Die beiden Sonnenräder sind über ein stufenloses, vorzugsweise elektrisches Stellgetriebe miteinander verbunden. Ein erstes Hohlrad ist fest mit dem V-Motor verbunden. Das zweite Hohlrad ist über eine Bremse mit dem Getriebegehäuse verbindbar. Beim Anfahren mit kleiner Last wird der Abtrieb von beiden E-Maschinen getrieben, deren Drehmomente sich im Überlagerungsgetriebe addieren. Die Drehzahl wird so geregelt, daß das zweite Hohlrad steht. Bei hoher Last wird das zweite Hohlrad mit dem Getriebegehäuse verbunden. Durch diese Drehmomentabstützung kann auch ein kleines Stellgetriebe hohe Abtriebsdrehmomente erzeugen. Bei diesem Anfahrvorgang wird der V-Motor mit beschleunigt und ab einer Mindestdrehzahl befeuert. Das Moment des V-Motors entlastet bei entsprechender Regelung des Stellgetriebes das zweite Hohlrad, so daß es vom Getriebegehäuse gelöst werden kann. Im leistungszweigigen Hybridbetrieb sind alle Übersetzungen stufenlos ohne weitere Schaltungen regelbar. Durch die Regelung des Stellgetriebes kann gleichzeitig ein Speicher geladen ...

DE 199 09 424 A 1

Die Erfindung betrifft ein Hybridgetriebe für Fahrzeuge, bestehend aus einer Antriebswelle, einer Abtriebswelle, einem stufenlosen Stellgetriebe und einem Überlagerungs- und Schaltgetriebe.

Diese Getriebe sind vorzugsweise für den Einsatz in Fahrzeugen geeignet, um dort den Verbrennungsmotor besonders effizient zu nutzen und um die gesamte Energiebilanz beim Fahren zu optimieren. Solche Getriebe stehen im Wettbewerb zu den heute vorwiegend in Fahrzeugen eingesetzten Handschaltgetrieben und Automatgetrieben. Diese zeichnen sich durch hohe Wirkungsgrade, zuverlässige Funktionen, nahezu Wartungsfreiheit und durch geringe Herstellungskosten als Folge ausgereifter Fertigungstechnologien aus. Ihr Übersetzungsbereich und die Stufung der Gänge erlauben ein Anfahren unter höchsten Lastanforderungen und eine gute Ausnutzung der Vollastkurve des Verbrennungsmotors zum Beschleunigen bis zur Höchstgeschwindigkeit.

Nachteilig bei Handschaltgetrieben ist die Beschränkung auf 5 bis 6 Vorwärtsgänge und die Zugkraftunterbrechung beim Gangwechsel. Aus Kostengründen wird in Handschaltgetrieben meist eine vom Fahrer zu betätigende Reibungskupplung zum Anfahren des Fahrzeugs eingesetzt. Nur in Verbindung mit einer großen Übersetzung des 1. Ganges kann dann das erforderliche max. Abtriebsdrehmoment erzeugt werden. Selbst wenn man von diesem 1. Gang aus 5 weitere Gänge gut schaltbar stuft, reicht der Übersetzungsbereich nicht aus, um den Verbrennungsmotor (V-Motor) bei Konstantfahrt im Bereich höchster Wirkungsgrade zu betreiben. Aus diesem Grunde werden Schaltgetriebe mit 6 und mehr Gängen entwickelt. Um den Fahrer von den dann vielen Gangwechseln zu entlasten, werden diese Getriebe automatisierte Kupplungsbetätigungen und Gangwechsel haben.

Nachteilig bei Automatgetrieben sind die vielen reibschlüssigen Schaltelemente, von denen in jedem Betriebszustand die meisten offen sind. Je nach Relativdrehzahl erzeugen diese Schaltelemente Schleppverluste. Zum Anfahren und zum Schalten ohne Zugkraftunterbrechung werden in Automatgetrieben heute fast ausschließlich hydrodynamische Wandler eingesetzt, die nach dem Anfahren und nach Schaltvorgängen mittels einer Kupplung überbrückt werden. Die Schaltelemente und der Wandler erfordern eine hydraulische Druckölversorgung mit einer direkt mit dem Verbrennungsmotor verbundenen Ölpumpe. Die Antriebsleistung der Ölpumpe und die Verluste in den Schaltelementen sind hauptsächlich für den schlechteren Wirkungsgrad der Automatgetriebe im Vergleich zu Handschaltgetrieben verantwortlich. Heutige Automatgetriebe decken ebenfalls einen zu kleinen Übersetzungsbereich ab, um den Verbrennungsmotor hinsichtlich Kraftstoffverbrauch optimal zu betreiben. Deshalb arbeitet man an Konzepten mit 6 und mehr Fahrstufen für den Einsatz in Pkws.

Als Alternative zu Getrieben mit gestuften Übersetzungen gibt es stufenlose Getriebe. Umschlingungsetriebe und Reibradgetriebe ermöglichen schon im Variator selbst Übersetzungsspreizungen zwischen 5 bis 6. Durch mehrfache Nutzung der Variatoren in mehreren Fahrbereichen, zum Teil mittels Leistungsverzweigung, lassen sich Spreizungen bis unendlich (geared neutral) erreichen.

Mit elektrischen und mit hydrostatischen Getrieben sind unendlich große Stellbereiche auch ohne weitere Zusatzeinrichtungen erreichbar. Sie haben jedoch niedrigere Wirkungsgrade als mechanische stufenlose Getriebe. Deshalb verwendet man, wie z. B. in den Schriften

[1] = Jack Yamaguchi: Toyota readies gasoline/electric hybrid system. Automotive Engineering (July 1997) 55... 58  
[2] = DE 38 38 767

beschrieben, mechanische Überlagerungsgetriebe zur Leistungsverzweigung in einem sogenannten Koppelgetriebe. Die Antriebsleistung vom Verbrennungsmotor wird dadurch in eine Teilleistung aufgeteilt, die rein mechanisch zum Abtrieb übertragen wird, und eine Teilleistung, die über das stufenlos elektrische oder hydrostatische Stellgetriebe fließt. Je kleiner die stufenlos übertragene Teilleistung wird, desto kleiner wird der Stellbereich, den dann das Koppelgetriebe im Verhältnis zum Stellbereich des Stellgetriebes aufweist.

Die stufenlosen Stellgetriebe in den Getrieben nach [1] und [2] bestehen entweder aus 2 elektrischen Maschinen, die über eine elektrische Leistungssteuerung verbunden sind, oder aus 2 hydrostatischen Maschinen, die über eine hydraulische Leistungssteuerung verbunden sind.

Im Getriebe nach [1] wird der unendlich große Stellbereich des elektrischen Stellgetriebes in einem sehr einfachen Koppelgetriebe, das nur ein dreiwelliges Planetengetriebe und keine Schaltelemente aufweist, auf den für einen Fahrzeugeinsatz nötigen Wert reduziert. Das elektrische Stellgetriebe baut jedoch noch relativ groß.

Die Antriebswelle des Getriebes nach [1] ist ohne Schaltelement mit dem Verbrennungsmotor verbunden und treibt die Stegwelle eines Planetengetriebes. Die Sonnenradwelle des Planetengetriebes ist mit einer ersten, kleinen elektrischen Maschine des Stellgetriebes und die Hohlradwelle mit der zweiten, großen elektrischen Maschine des Stellgetriebes verbunden. Die Leistungssteuerung ist noch mit einer Batterie als Energiespeicher verbunden. Beim Anfahren treibt die große E-Maschine zuerst alleine mit Energie aus dem Speicher den Abtrieb. Der Verbrennungsmotor steht dabei still. Erst ab einer bestimmten Geschwindigkeit wird über die kleine E-Maschine der Verbrennungsmotor beschleunigt und gestartet. Ab diesem Betriebszustand wird das Fahrzeug leistungsverzweigt weiter beschleunigt. Über die kleine E-Maschine und Energie aus dem Speicher kann auch bei stehendem Abtrieb der Verbrennungsmotor beschleunigt und gestartet werden. Aus diesem Betriebszustand (geared-neutral) heraus wird dann das Fahrzeug leistungsverzweigt angefahren. Je nach Ladezustand des Speichers ist die eine oder andere Anfahrstrategie zu bevorzugen. Beim leistungsverzweigten Fahren kann über den Speicher und das Stellgetriebe kurzzeitig zusätzlich Leistung zum Fahren bereitgestellt werden, oder auch der Speicher geladen werden. Auch beim Bremsen kann man mit einem Teil der kinetischen Fahrzeugenergie den Speicher laden. Durch die Rekuperation der Bremsenergie wird gerade in stationären Fahrzyklen der Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugs noch wesentlich gesenkt.

Der wesentliche Nachteil des Getriebes nach [1] ist die sehr große zweite E-Maschine auf der Getriebeabtriebswelle, die das volle Anfahrtdrehmoment bereitstellen muß. Um die gleiche Fahrdynamik wie mit einem Fahrzeug mit Handschaltgetriebe zu erreichen, muß diese große E-Maschine ein kurzzeitiges Anfahrtdrehmoment (z. B. 700 Nm) erreichen, daß dem Maximalmoment des Verbrennungsmotors (z. B. 200 Nm) multipliziert mit der Übersetzung des 1. Ganges (z. B. 3,5) des Handschaltgetriebes entspricht.

Das Getriebe nach [2] weist ein Koppelgetriebe mit zwei gegenseitig verstellenden Koppelwellen auf, die jeweils nur noch einen sehr kleinen Stellbereich haben. Dadurch wird die stufenlos zu übertragene Teilleistung und das hier eingesetzte hydrostatische Stellgetriebe sehr klein. Um wieder den für eine Fahrzeuganwendung nötigen Gesamtstellbereich zu erlangen, werden die beiden Koppelwellen abwechselnd

selnd in mehreren schaltbaren Fahrbereichen mit dem Abtrieb verbunden.

Auch dieses Getriebe kommt ohne Anfahrlement aus. Bei offenen Schaltelementen wird der Verbrennungsmotor konventionell über einen Anlasser gestartet und treibt dann die erste Verdrängermaschine des hydrostatischen Stellgetriebes, die auf ein Verdrängungsvolumen von Null eingestellt ist. Zum Anfahren wird die zweite Verdrängermaschine des Stellgetriebes direkt mit der Abtriebswelle des Getriebes verbunden. Diese Maschine ist auf maximales Verdrängungsvolumen eingestellt, dreht aber nicht, weil die erste Maschine keinen Volumenstrom fördert. Durch Verstellen des Verdrängungsvolumens der ersten Maschine wird der Abtrieb vorwärts oder rückwärts beschleunigt. Ohne Leistungsverzweigung fließt beim Anfahren die gesamte Antriebsleistung über das Stellgetriebe.

Durch den Anschluß eines hydraulischen Speichers kann man auch mit diesem Getriebe Bremsenergie speichern und den Verbrennungsmotor über die erste Verdrängermaschine starten. Auch dafür gibt es im Stand der Technik Beispiele.

Der wesentliche Nachteil des Getriebes nach [2] ist der hohe mechanische Aufwand in Form eines mindestens vierwelligen Koppelgetriebes mit zwei Koppelwellen, eines Schaltgetriebes mit Zahnradstufen und Schaltelementen für 4 Fahrbereiche und einer schaltbaren direkten Verbindung des Stellgetriebes zum Abtrieb. Ein weiterer Nachteil besteht in der starren Schaltfolge der Fahrbereiche, solange man formschlüssige Schaltelemente einsetzt und ohne Zugkraftunterbrechung schalten will. Bei Vollastbeschleunigung und Vollastverzögerung muß dann das Stellgetriebe sehr schnell regeln und es sind viele Fahrbereiche in kurzer Zeit zu schalten.

Aus der Analyse der Vor- und Nachteile dieses Standes der Technik leitet sich folgende Aufgabe für ein neuartiges Getriebe ab. Um einen hohen Wirkungsgrad zu erreichen, soll der wesentliche Leistungsanteil mechanisch über wenige Zahnräder und Schaltelemente geleitet werden. Bei jeder Übersetzung sollen auch nur wenige Zahnräder und Schaltelemente ohne Last geschleppt mitlaufen. Trotzdem soll das Getriebe einen unendlich großen Übersetzungsbereich stufenlos abdecken. Dann kann auch die Antriebswelle des Getriebes ohne Anfahrlement fest mit dem Verbrennungsmotor verbunden sein. Das Getriebe soll mit einem Speicher verbindbar sein, mit dessen Energie das Fahrzeug bei stehendem Verbrennungsmotor angefahren oder der Verbrennungsmotor bei stehendem Fahrzeug gestartet werden kann. Im Fahr- und Bremsbetrieb soll der Speicher je nach Ladezustand entladen oder geladen werden können. Die zu installierende Eckleistung aller nicht mechanischen Bauteile soll klein sein, damit das Getriebe bei gleichem Leistungsvermögen hinsichtlich Baugröße, Gewicht und Kosten wettbewerbsfähig ist zu Automatgetrieben und anderen Stufenlosgetrieben.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe nach dem kennzeichnenden Teil des Anspruches 1 dadurch gelöst, daß das Überlagerungsgetriebe fünf Wellen aufweist, von denen eine erste Welle mit der Antriebswelle und eine zweite Welle mit der Abtriebswelle verbunden ist, während eine dritte Welle und eine vierte Welle über das Stellgetriebe miteinander in Verbindung stehen und eine fünfte Welle im Schaltgetriebe mit dem Getriebegehäuse verbindbar ist. Die fünfte Welle dient als Reaktionsglied zur Abstützung hoher Reaktionsmomente beim Anfahren, um das Stellgetriebe zu entlasten.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist nach Anspruch 2 die erste Welle des Überlagerungsgetriebes im Schaltgetriebe mit dem Getriebegehäuse verbindbar. Über diese Abstützung kann auch bei stehendem Verbrennungs-

motor über kleine Drehmomente am Stellgetriebe ein hohes Abtriebsdrehmoment erzeugt werden.

Nach Anspruch 3 weist das Schaltgetriebe weitere Schaltelemente, eventuell in Verbindung mit Übersetzungsstufen auf, durch deren Betätigung bestimmte Wellen des Überlagerungsgetriebes feste Drehzahlverhältnissen zueinander haben. Dadurch lassen sich weitere feste Übersetzungen zwischen Antrieb und Abtrieb schalten.

Nach Anspruch 4 ist auch die dritte und/oder die vierte Welle des Überlagerungsgetriebes mit dem Getriebegehäuse verbindbar. Im Übersetzungsbereich des Hybridgetriebes gibt es Betriebspunkte, bei denen die dritte Welle oder die vierte Welle stehen. Der Stelleleistungsanteil wird dann zwar zu Null, aber das Stellgetriebe muß an der stehenden Welle noch ein Drehmoment abstützen. Verbindet man die stillstehende Welle mit dem Getriebegehäuse, kann bei dieser Übersetzung das Stellgetriebe komplett entlastet werden. Dadurch steigt der Wirkungsgrad. Wenn diese Übersetzung einen hohen Zeitanteil aufweist, sinkt dadurch erheblich die thermische Belastung des Stellgetriebes und seiner Leistungssteuerung.

Nach Anspruch 5 ist die erste Welle des Überlagerungsgetriebes direkt mit der zweiten Welle verbindbar. In dieser Schaltstellung fließt die Leistung bei Übersetzung  $i = 1$  mit höchstem Wirkungsgrad direkt vom V-Motor zum Abtrieb. Das Überlagerungsgetriebe und das Stellgetriebe sind unbelastet. Über das Stellgetriebe und das Überlagerungsgetriebe kann jedoch zusätzlich ein Leistungsfluß aus dem Speicher dem Leistungsfluß aus dem V-Motor überlagert werden. Dies belastet das Schaltelement zwischen erster und zweiter Welle aber nicht zusätzlich.

Anspruch 6 bezieht sich auf den vorzugsweisen Aufbau des Überlagerungsgetriebes. Danach ist das Überlagerungsgetriebe ein Planetengetriebe mit einer Stegwelle, mehreren Sätzen miteinander kämmender Planetenräder, zwei Sonnenrädern und zwei Hohlradern. Dies ist die an sich bekannte kompakteste Form eines fünfwelligen Planetengetriebes.

Nach Anspruch 7 kann ein Planetenradsatz zwei oder drei Planeten aufweisen, wobei in der Version mit zwei Planeten jeder dieser Planeten mit einem Sonnenrad und einem Hohlrad in Eingriff steht, während bei der Version mit drei Planeten einer dieser Planeten mit den beiden anderen und einem Sonnenrad und einem Hohlrad kämmt und die beiden anderen Planeten entweder mit einem Sonnenrad oder einem Hohlrad in Eingriff stehen.

Zur weiteren Ausgestaltung des Überlagerungsgetriebes sagt Anspruch 8, daß die erste Welle des Überlagerungsgetriebes mit einem der beiden Hohlräder verbunden ist, daß die fünfte Welle mit dem anderen Hohlrad verbunden ist, daß die dritte und vierte Welle mit je einem der beiden Sonnenräder verbunden sind und daß die Stegwelle mit der Abtriebswelle verbunden ist. Diese Anbindung des Überlagerungsgetriebes an Antrieb, Abtrieb und Stellgetriebe bewirkt hohe Umlaufübersetzungen zwischen den Wellen des Stellgetriebes und der Abtriebswelle sowie der Antriebswelle. Selbst mit einem Stellgetriebe geringer Drehmomentenkapazität lassen sich dann hohe Abtriebsdrehmomente aufbauen.

In bekannten Automatgetrieben und mechanischen stufenlosen Getrieben gibt es Ölpumpen, die meist direkt von der Antriebswelle des Getriebes angetrieben werden. Da die Pumpen bereits bei Motorleerlauf einen ausreichenden Volumenstrom für die Schmierung, zum schnellen Schalten der Kupplungen und Bremsen, sowie zum schnellen Verstellen der Stellorgane aufbringen müssen, fördern sie bei höheren Drehzahlen zuviel Öl. Dies wird dann über ein Druckbegrenzungsventil unter hohen Verlusten in den Tank geför-

dert. Um diesen Nachteil zu umgehen und weil der Abtrieb auch bei stehendem Antrieb drehen kann, hat das Hybridgetriebe nach Anspruch 9 eine elektrisch angetriebene Ölpumpe, die nur die tatsächlich benötigte Menge fördert.

Nach den Ansprüchen 10 und 11 kann das Stellgetriebe entweder ein elektrisches Getriebe mit 2 elektrischen Stellmaschinen, einer elektrischen Leistungssteuerung und einem Energiespeicher für elektrische Energie oder ein hydrostatisches Getriebe mit 2 hydrostatischen Stellmaschinen, einer hydraulischen Leistungssteuerung und einem Energiespeicher für hydraulische Energie sein. Ein Energiespeicher für elektrische Energie soll nach Anspruch 12 eine Batterie oder ein elektrisch angetriebener Schwungradspeicher oder eine Kombination aus diesen beiden sein. Schwungradspeicher haben eine hohe Leistungsdichte und Batterien eine hohe Energiedichte. Eine Kombination aus beiden Speichern deckt alle Betriebszustände in einem Fahrzeug gut ab.

Die Ansprüche 13 bis 18 beziehen sich auf die Ausgestaltung der Schaltgetriebe.

Nach Anspruch 13 weist das Schaltgetriebe mindestens ein Schaltelement (Kupplung oder Bremse) mit formschlüssigen Übertragungsgliedern auf. Die Schaltvorgänge finden bei Synchronlauf der Schaltelemente statt. Deshalb können Schaltelemente mit verzahnten oder anderen formschlüssigen Übertragungsgliedern verwendet werden, die eine sehr hohe Kraftdichte und sehr geringe Verluste im offenen Schaltzustand haben.

Nach Anspruch 14 sollen mindestens zwei Schaltelemente eine gemeinsame Schaltbetätigung haben. Dies ist bei diesem Hybridgetriebe möglich, da hier keine Wechsel- oder Überschneidungsschaltungen wie in Automatgetrieben oder leistungsverzweigten Getrieben mit mehreren Fahrbereichen vorliegen, sondern in bestimmten Betriebszuständen immer nur ein einziges Schaltelement betätigt wird.

Die Bremse zur Verbindung der fünften Welle mit dem Getriebegehäuse soll nach Anspruch 15 reibschlüssige Übertragungsglieder aufweisen. Bei Vollastbeschleunigung steht für diese Schaltung nur wenig Zeit zur Verfügung, um den Synchronpunkt anzuregulieren. Reibschlüssige Schaltelemente erlauben auch das sichere Schalten bei Schlupf. Ein schlupfendes Element an dieser Stelle kann außerdem das Anfahren aus geared-neutral unter Vollast unterstützen.

Die Schaltelemente sollen nach Anspruch 16 elektromotorische, elektromagnetische oder hydraulische Aktoren haben. Bei nur zwei Schaltelementen ist ein einziger elektromotorischer oder -magnetischer Aktor für beide Schaltvorrichtungen sinnvoll. Bei drei und mehr Schaltelementen ist eine hydraulische Betätigung vorzuziehen, die von einer elektromotorisch betriebenen Ölpumpe versorgt wird.

Die formschlüssigen Schaltelemente werden bei Synchrondrehzahl der Übertragungsglieder geschlossen. Alle Schaltelemente übernehmen nur bei hohen Abtriebsmomenten oder zur Entlastung des Stellgetriebes in bestimmten Übersetzungen Last auf. Bevor ein Schaltelement wieder geöffnet wird, soll das Stellgetriebe die Last wieder soweit übernommen haben, daß das Schaltelement nahezu lastfrei ist. Um dies zu erkennen, weisen die Schaltelemente nach Anspruch 17 Sensoren auf, die bei nahezu Lastfreiheit der Schaltelemente ein Signal abgeben.

Im stromlosen Zustand und im Notbetrieb sind nach Anspruch 18 alle Schaltelemente offen. Das Getriebe bleibt auch dann im vollen Übersetzungsbereich einsatzfähig. Nur das maximale Abtriebsdrehmoment beim Anfahren bis zu Übersetzungen von ca. 2 wird dadurch je nach Auslegung des Stellgetriebes etwas eingeschränkt.

Die Ansprüche 19 bis 22 beziehen sich auf die konstruktive Ausgestaltung eines vorzugsweise elektrischen Stellgetriebes im erfindungsgemäßen Hybridgetriebe.

Für Fahrzeuggetriebe ist eine hohe Leistungsdichte und ein hoher Wirkungsgrad aller Komponenten erforderlich. Deshalb sollen nach Anspruch 19 die E-Maschinen des elektrischen Stellgetriebes permanentterregte Synchronmaschinen sein. Alternativ dazu sollen nach Anspruch 20 die E-Maschinen des elektrischen Stellgetriebes Asynchronmaschinen oder Reluktanzmaschinen sein. Dies kann wichtig sein, wenn die niedrigeren Kosten dieser Maschinentypen höher bewertet werden als die technischen Vorteile der permanentterregten Synchronmaschinen.

Nach Anspruch 21 weisen die Stellmaschinen eines elektrischen Stellgetriebes außen liegende Statoren und innen liegende Rotoren auf. Dies führt zu geringen bewegten trägen Massen der elektrischen Maschinen und damit zu einem besseren dynamischen Verhalten. Darüber hinaus sind die Stromzuführungen und eventuell die Kühlmittelführung zu außen liegenden Statoren einfacher zu realisieren.

Heutige Permanentmagnete haben nur bis zu einer bestimmten Grenztemperatur stabile Magnetfelder. Bei Überschreiten dieser Temperatur beginnen Entmagnetisierungsvorgänge. Um sicher unterhalb dieser Temperatur zu bleiben, sollen nach Anspruch 22 die Statoren elektrischer Stellmaschinen innerhalb eines Flüssigkeitskühlers sitzen.

Das stufenlose Getriebe soll eine kompakte Baueinheit darstellen. Dies gelingt insbesondere dann, wenn nach Anspruch 23 die Stellmaschinen des Stellgetriebes coaxial zueinander angeordnet sind. Darüber hinaus können Zwischengetriebe zur Anbindung der Stellmaschinen entfallen, wenn nach Anspruch 24 mindestens eine der Stellmaschinen des Stellgetriebes coaxial zum Überlagerungsgetriebe angeordnet ist.

Zur Regelung des Getriebes sitzen nach Anspruch 25 auf mindestens zwei Wellen des Überlagerungsgetriebes, vorzugsweise den Anschlußwellen des Stellgetriebes, Sensoren für Drehzahlen und eventuell Drehwinkel. Über zwei Drehzahlen sind alle anderen Drehzahlen im Getriebe wie auch die Motordrehzahl und die Fahrzeuggeschwindigkeit eindeutig definiert.

Im Stellgetriebe wird in den Stellmaschinen mechanische Leistung in elektrische oder hydraulische Leistung gewandelt. Aus der Maschinendrehzahl ergibt sich über die Maschinenkonstruktion eine elektrische Spannung oder ein Volumenstrom, aus der Maschinenlast ein elektrischer Strom oder ein Druck. Zur Stellung der Übersetzung wird die Spannung oder der Volumenstrom gewandelt. Zur Ankopplung eines Energiespeichers wie z. B. einer Batterie oder eines Druckspeichers bietet sich die Leistungswandlung über einen elektrischen oder hydraulischen Zwischenkreis an. Ausgehend von dessen Spannung oder Druck kann jede Stellmaschine über einen eigenen Regler als Motor oder als Generator betrieben werden. Aus der Leistungsbilanz der beiden Stellmaschinen ergibt sich auch automatisch eine Ladung oder Entladung des Speichers. Nach Anspruch 26 weist deshalb die Leistungssteuerung des Stellgetriebes einen regelbaren Zwischenkreis, je einen Regler für die beiden Stellmaschinen und eventuell einen Regler für den Energiespeicher auf.

Das erfindungsgemäße Hybridgetriebe benötigt für seine Funktion ein Verfahren zur Regelung des Stellgetriebes und der Schaltelemente je nach Betriebszustand. Die Ansprüche 27 bis 39 beziehen sich auf dieses Regelverfahren in den verschiedenen Fahrprogrammen.

Im Gegensatz zu anderen Getrieben weist das Hybridgetriebe keinen Rückwärtsgang, sondern einen Rangierbetrieb auf. Um eindeutig zwischen Rangieren vorwärts und rückwärts zu unterscheiden, wird nach Anspruch 27 die Regelung über einen Programmwählhebel angesteuert, der zwischen den bekannten Programmschaltern P für Parken und

N für Neutral das Programm R für den Rangiermodus wählt, wobei die beiden Programmteile Rangieren vorwärts und Rangieren rückwärts getrennt wählbar sind, und der einen weiteren Programmschalter D für den Dauerbetrieb mit einer adaptiven Übersetzungs- und Leistungsregelung aufweist.

Im Programm D stützen nach Anspruch 28 beim Anfahren mit kleiner Last die beiden Stellmaschinen des Stellgetriebes alleine das Abtriebsdrehmoment und das Schleppmoment an der Antriebswelle ab, wobei eine der Stellmaschinen lastgeregelt und die andere so drehzahlgeregelt wird, daß die fünfte Welle stillsteht. Das rein elektrische oder hydraulische Anfahren ist energetisch durchaus sinnvoll, da dann später beim hybriden Fahren der Speicher über den V-Motor bei höherer Auslastung und besserem Wirkungsgrad wieder geladen wird.

Das Maximaldrehmoment relativ kleiner Stellmaschinen reicht aber nur für begrenzte Abtriebsdrehmomente aus. Bei einer so hohen Abtriebslast, bei der ein Grenzmoment einer der beiden Stellmaschinen überschritten wird, soll nach Anspruch 29 die fünfte Welle mit dem Getriebegehäuse verbunden und ab diesem Zeitpunkt beide Stellmaschinen lastgeregelt werden. Durch die festgesetzte fünfte Welle können beide Stellmaschinen unabhängig voneinander mit hoher Übersetzung auf den Abtrieb wirken und höchste Abtriebsdrehmomente aufbauen.

Bei stehender fünfter Welle hat die Antriebswelle ca. die doppelte Drehzahl wie die Abtriebswelle. Nach Anspruch 30 soll ein mit der Antriebswelle verbundener V-Motor erst befeuert werden, wenn die Antriebswelle eine Mindestdrehzahl erreicht hat. Dabei werden die Momente der Stellmaschinen soweit verändert, daß das Abtriebsmoment nahezu konstant bleibt.

Um dies zu erreichen gibt nach Anspruch 31 das Sollwertgebersignal (z. B. die Fahrpedalstellung) für das Abtriebsdrehmoment im rein elektrischen oder hydraulischen Antriebsmodus den Sollwert für die Momentenregelung des Stellgetriebes vor, und zwar in der Weise, daß dieser Sollwert für das Stellgetriebe aus dem Kennfeld des V-Motors (Drehmoment als Funktion der Antriebsdrehzahl und der Fahrpedalstellung), dem Sollwert für das Abtriebsdrehmoment (Fahrpedalstellung), der Antriebsdrehzahl und den Zähnezahlen des Überlagerungsgetriebes errechnet wird.

Die gehäusefeste fünfte Welle kann bei treibendem oder geschlepptem V-Motor nach Anspruch 32 erst dann vom Gehäuse gelöst wird, wenn durch vollständige Lastübernahme durch den V-Motor und die beiden Stellmaschinen des Stellgetriebes die fünfte Welle lastfrei ist. Dies wird dem Regler durch entsprechende Sensoren an den Schaltelementen mitgeteilt.

Im hybriden Fahrbetrieb mit treibendem V-Motor, aktivem Stellgetriebe und nicht gehäusefester fünfter Welle wird nach Anspruch 33 eine Stellmaschine lastgeregelt und die andere drehzahlgeregelt wird, wobei die Drehzahlregelung der einen Stellmaschine die Getriebeübersetzung zwischen Antriebswelle und Abtriebswelle regelt und die Lastregelung der anderen Stellmaschine die Aufteilung zwischen Antriebsleistung des V-Motors, Lade- oder Entladeleistung des Speichers und Abtriebsleistung des Getriebes. Im hybriden Betrieb kann also bei höherer Belastung des V-Motors der Speicher geladen werden. Es kann aber auch Leistung aus dem Speicher der V-Motorleistung überlagert werden, um kurzzeitig hohe Beschleunigungen zu realisieren.

Nach Anspruch 34 werden im Bremsbetrieb der V-Motor und die fünfte Welle geschleppt. über das Bremspedal der mechanischen Fahrzeugbremse und ein Bremskennfeld wird an der lastgeregelten Stellmaschine ein Lastwert einge-

stellt, während die drehzahlgeregelte Stellmaschine weiterhin die Übersetzung regelt. über das gemeinsame Bremspedal bleibt die mechanische Bremse immer aktiv, um auch bei Ausfall des Speichers das volle Bremsvermögen jederzeit verfügbar zu haben.

Um auch bei Ausfall des Speichers oder bei einem niedrigen Speicherinhalt das Fahrzeug betreiben zu können, wird nach Anspruch 35 unterhalb eines bestimmten Energieinhaltes des Speichers zum Anfahren und Beschleunigen über die lastgeregelte Stellmaschine zuerst der V-Motor beschleunigt wird, während die drehzahlgeregelte Stellmaschine für den Stillstand der Abtriebswelle sorgt (geared-neutral). Das Fahrzeug wird erst beschleunigt, nachdem der V-Motor gestartet wurde. Um auch in diesem Betriebszustand das maximale Beschleunigungsvermögen zu realisieren, kann mit dem reibschlüssigen Schaltelement nach Anspruch 15 die fünfte Welle druckgeregelt festgebremst werden. Dadurch wird der Abtrieb auch unter höchster Last beschleunigt.

Im Rangiermodus wird das Fahrzeug nach Anspruch 36 rein elektrisch oder hydraulisch über eine lastgeregelte und eine drehzahlgeregelte Stellmaschine gefahren, wobei die Drehzahlregelung für eine stehende Antriebswelle sorgt. Wird im Rangiermodus die Abtriebslast so hoch, daß ein Grenzmoment einer der beiden Stellmaschinen überschritten wird, wird nach Anspruch 37 die Antriebswelle mit dem Getriebegehäuse verbunden und beide Stellmaschinen werden ab diesem Zeitpunkt lastgeregelt. Die Verbindung der Antriebswelle mit dem Getriebegehäuse wird erst wieder gelöst, wenn die Schaltelemente lastfrei sind.

Während der Vorwärtsfahrt kann nach Anspruch 38 aus dem Rangierprogramm in das Dauerprogramm gewechselt werden, wenn alle Schaltelemente offen sind, wobei dann der V-Motor bei drehendem Abtrieb hochbeschleunigt und befeuert wird, wobei der Motorstart durch Drehmomentanpassung am Stellgetriebe ohne Drehmomentstoß am Abtrieb vor sich geht. Entsprechend kann während der Vorwärtsfahrt nach Anspruch 39 aus dem Dauerprogramm in das Rangierprogramm gewechselt werden, wenn alle Schaltelemente offen sind, wobei dann der V-Motor bei drehendem Abtrieb verzögert und stillgesetzt wird, wobei der Motorstopp durch Drehmomentanpassung am Stellgetriebe ohne Drehmomentstoß am Abtrieb vor sich geht.

Wie an sich bekannt, gelten für die Programmumschaltungen weitere Restriktionen, so daß z. B. diese Umschaltungen nur in bestimmten Geschwindigkeitsfenstern zulässig sind.

Die Erfindung ist nicht nur auf die Merkmale ihrer Ansprüche beschränkt. Denkbar und vorgesehen sind auch Kombinationsmöglichkeiten einzelner Anspruchsmerkmale und Kombinationsmöglichkeiten einzelner Anspruchsmerkmale mit dem in den Vorteilsangaben und zu den Gestaltungsbeispielen Offenbart.

Einige bevorzugte Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Hybridgetriebes für Fahrzeuge sind in den Fig. 1 bis 12 dargestellt und in ihrer Funktionsweise bezüglich der Drehmomentverhältnisse und Leistungsflüsse vom Anfahren bis zum Overdrive erläutert.

Dabei zeigt

Fig. 1 das Schema eines Hybridgetriebes mit elektrischem Stellgetriebe für einen Standardantrieb mit Motor vorn längs und Hinterachsantrieb und

Fig. 2 das Schema eines Hybridgetriebes mit hydrostatischem Stellgetriebe für einen Antrieb mit Motor vorn quer und Vorderachsantrieb.

Die Fig. 3 bis 10 zeigen Drehmoment-, Drehzahl- und Leistungsverhältnisse, und zwar Fig. 3 beim Anfahren mit kleiner Last, Fig. 4 beim Anfahren mit mittlerer Last,

Fig. 5 beim Anfahren mit hoher Last, Fig. 6 beim Anfahr-

ren mit 3 Antrieben,

Fig. 7 beim hybriden Fahren mit Speicherbetrieb, Fig. 8 beim Anfahren aus geared-neutral,

Fig. 9 beim elektrischen Bremsen, Fig. 10 beim Rangieren vorwärts/rückwärts.

Fig. 11 gibt eine Übersicht über die möglichen Betriebszustände und

Fig. 12 zeigt ein Beispiel für den Programmschalter

Fig. 1 zeigt das Schema eines erfindungsgemäßen Hybridgetriebes 1 für einen Standardantrieb mit Motor vorn längs und Hinterachsantrieb. Als Überlagerungsgetriebe 5 weist es ein fünfwelliges Planetengetriebe 13 auf. Die Antriebswelle 2 ist die erste Welle 7 des Überlagerungsgetriebes. Die Stegwelle 14 ist als zweite Welle 8 die Abtriebswelle 3 des Getriebes. Weiterhin gibt es ein kleines 15 und ein großes 16 Sonnenrad als dritte und vierte Welle sowie ein kleines Hohlrad 18 als fünfte Welle 11 und ein großes 17 Hohlrad. Der Steg 14 trägt drei Sätze Planetenräder, von denen jeder zwei miteinander kämmende Planeten 19, 20 umfaßt. Jedes Planetenrad steht mit einem Hohlrad und einem Sonnenrad im Eingriff. Das Sonnenrad 16 ist mit der elektrischen Stellmaschine 23, das Sonnenrad 15 mit der elektrischen Stellmaschine 22 fest verbunden. Das Stellgetriebe umfaßt die beiden Stellmaschinen, die Leistungssteuerung 24 und den Energiespeicher 25.

Der V-Motor treibt ohne Anfahrlement das große Hohlrad 17 und kann über eine formschlüssige Bremse 31 mit dem Gehäuse 12 verbunden werden. Das kleine Hohlrad 18 ist über eine reibschlüssige Bremse 32 mit dem Gehäuse 12 verbindbar. Die beiden Bremsen werden über einen gemeinsamen, im Gehäuse geführten Schaltkolben betätigt. Die mit der Stellmaschine 23 verbundene Sonnenradwelle 16 kann über eine Bremse 33 ans Gehäuse 12 gekoppelt werden. Über die Kupplung 34 ist ein direkter Durchtrieb von der Antriebswelle 2 zur Abtriebswelle 3 möglich. Die Schaltelemente werden hydraulisch betätigt. Dazu hat das Getriebe eine elektrisch betriebene Ölpumpe 30, die auch die Schmierung versorgt.

In einer gestreckten Getriebeausführung für ein heckgetriebenes Fahrzeug sitzen die beiden Stellmaschinen 22, 23 koaxial zum Planetengetriebe 13. Als schlanke Innenläufermaschinen haben sie eine kleine Massenträgheitsmomente an den Rotoren 27. Außerdem lassen sich außenliegende Stator 26 besser kühlen. Die hier vorgesehene Flüssigkeitskühlung 29 ist unabhängig vom Kühlkreislauf des V-Motors, um die Temperatur der Permanentmagneten sicher unter 120°C zu halten. Der Kühlkreislauf hat eine elektrisch getriebene Wasserpumpe mit variabler Drehzahl zur Regelung der Kühlleistung.

Fig. 2 zeigt das Schema eines erfindungsgemäßen Hybridgetriebes für einen Antrieb mit Motor vorn quer und Vorderachsantrieb. Um eine kurze Baulänge zu erreichen, wird hier ein hydrostatisches Stellgetriebe eingesetzt, das eine höhere Leistungsdichte als elektrische Getriebe aufweist. Beide Stellmaschinen 22, 23 liegen parallel zu einander. Maschine 22 ist über eine Stirnradstufe mit dem Sonnenrad 15 des Überlagerungsgetriebes 5 verbunden. Das Differential mit den Abtrieben zu den Vorderrädern wird von der Abtriebswelle über eine Stirnradkette mit der Endantriebsübersetzung angetrieben. Das Planetengetriebe weist vier Planetenradsätze mit je drei sehr kleinen Planetenrädern 19, 20, 21 auf.

Das Zusammenwirken des elektrischen Stellgetriebes 4 mit dem Überlagerungsgetriebe 5, dem Schaltgetriebe 6 und dem V-Motor läßt sich besonders einfach anhand eines Drehzahl- und Drehmomentendiagrammes erläutern. In einem Drehzahlleitterdiagramm gibt es für jede Welle eines Planetengetriebes eine Drehzahlleiter, auf der nach oben die

Drehzahl aufgetragen wird. Der Abstand der Drehzahlleitern wird durch die Standübersetzungen bzw. Zähnezahlen im Planetengetriebe bestimmt. Jeder Betriebszustand läßt sich durch eine gerade Linie beschreiben, deren Schnittpunkte mit den Drehzahlleitern den momentanen Drehzahlzustand wiedergibt.

Die Drehmomentverhältnisse werden deutlich, wenn man die Linie des Betriebszustandes als einen Hebel auffaßt und die Drehmomente an den Getriebewellen als Kräfte an diesem Hebel. Während bei einem dreiwelligen Planetengetriebe feste Beziehungen zwischen den Drehmomenten der drei Wellen vorliegen, sind in einem fünfwelligen Planetengetriebe vielfältige Drehmomentverhältnisse möglich. Die Fig. 3 bis 10 verdeutlichen, wie der V-Motor 2(17), die Stellmaschinen 22(15), 23(16) und der Speicher 25 in den verschiedenen Betriebszuständen zusammenarbeiten.

Um ein Fahrzeug mit dem Hybridgetriebe aus dem Stillstand zu beschleunigen, versuchen zuerst beide Stellmaschinen 22, 23 alleine die Abtriebslast zu stützen und die Beschleunigungsleistung aufzubringen (Fig. 3). Eine der beiden Stellmaschinen (z. B. 23) wird dabei über das Fahrpedal lastgeregelt. Die andere (22) wird drehzahlgeregelt, und zwar so, daß das kleine Hohlrad 18 steht ( $n_{18} = 0/\text{min}$ ). Die Übersetzungen sind so gewählt, daß das Getriebe dann mit  $n_2/n_3$  ca. 2 läuft und daß die Drehzahlleiter des Steges 14 = Abtriebswelle 3 ziemlich genau in der Mitte zwischen den Drehzahlleitern der beiden Stellmaschinen 22, 23 steht. Das Abtriebsdrehmoment belastet die Stellmaschinen 22, 23 daher nahezu gleichmäßig. Wenn die beiden Stellmaschinen zum Beispiel max. jeweils 120 Nm aufbringen, kann so ein Abtriebsdrehmoment von ca. 240 Nm abgestützt werden. Da Maschine 23 eine positive Drehzahl aufweist, fließt von ihr eine Leistung über das Planetengetriebe zum Abtrieb 3. Ein Teil dieser Leistung fließt jedoch über das Sonnenrad 15, Maschine 22 und die Leistungssteuerung 24 im Kreis wieder Maschine 23 zu, solange Maschine 22 eine negative Drehzahl hat.

Reicht ein Abtriebsdrehmoment von 240 Nm zum Anfahren nicht aus, so wird das bereits stehende Hohlrad 18 mit der Bremse 32 ans Gehäuse 12 gekoppelt (Fig. 4). Nun kann hier ebenfalls ein Drehmoment abgestützt und Maschine 22 entlastet werden. Sobald die Bremse 32 Moment überträgt, wird auch Maschine 22 lastgeregelt, da nun beide Stellmaschinen unabhängig voneinander arbeiten. Je mehr Maschine 22 entlastet wird, desto mehr Last übernimmt Bremse 32, bis sich an Maschine 22 das Drehmoment sogar umkehrt (Fig. 5). Dann treiben beide Stellmaschinen den Abtrieb. Mit Bremse 32 als Abstützpunkt des Hebels erzeugen die je 120 Nm der Stellmaschinen das max. erforderliche Abtriebsdrehmoment von ca. 600 Nm. Das reicht sicher zum Beschleunigen des Fahrzeuges und des V-Motors.

Sobald der V-Motor seine Mindestdrehzahl erreicht, wird er gestartet (Fig. 6). Nach der Fahrpedalstellung und seinem Lastkennfeld gibt er ein bestimmtes Drehmoment ab. Um den V-Motor möglichst ruckfrei zuzuschalten, werden mit dem Drehmomentautbau des V-Motors die Momente in den Stellmaschinen reduziert, und zwar hauptsächlich an Maschine 22.

Bei  $T_{22} = T_{23} = 0 \text{ Nm}$  werden beide Stellmaschinen 22, 23 geschleppt. Das Fahrzeug fährt rein verbrennungsmotorisch mit einer Übersetzung von ca.  $i = 2$ . So kann z. B. bei einer längeren Paßfahrt das elektrische Stellgetriebe 4 entlastet werden und nur noch bei kurzzeitigen Lastspitzen als "Booster" wirken. Das Moment am Hohlrad 18 entspricht dann ungefähr dem Motormoment.

Wirkt das Drehmoment  $T_{22}$  wie in Fig. 7 nach oben und das Drehmoment  $T_{23}$  nach unten, so wird Hohlrad 18 immer weiter entlastet. Sobald  $T_{18} = 0 \text{ Nm}$  ist, kann die Bremse 32

lastfrei geöffnet werden. Maschine 22 wird sofort wieder drehzahl geregelt und Maschine 23 lastgeregelt.

Über die Drehzahlregelung von Maschine 22 kann nun stufenlos die Übersetzung eingestellt werden. Dabei fließt von Maschine 22 Leistung ins Getriebe zum Abtrieb 3. Über die Lastregelung von Maschine 23 wird die Lade- oder Entladeleistung des Energiespeichers 25 eingestellt. Je nach den Erfordernissen kann während der Fahrt der Speicher 25 geladen werden, oder Speicherleistung als "Booster" zusätzlich zum V-Motor wirken. Der maximale "Booster"-Effekt hängt von den momentan möglichen Vollastdrehmomenten der beiden Stellmaschinen ab, die mit den Maschinendrehzahlen abnehmen. Bei mittleren Übersetzungen um  $i = 1$  kann über alle o.a. Antriebe zusammen ein Abtriebsdrehmoment erzeugt werden wie bei einem konventionellen Fahrzeug mit einem über 400 Nm starken V-Motor. Wenn sich die Leistungen an beiden Stellmaschinen 22, 23 und die elektrische Verlustleistung aufheben, wird der Speicher 25 momentan nicht benutzt.

Ein Mindestladezustand im Energiespeicher 25 darf durch den Fahrbetrieb nicht unterschritten werden, um ausreichend Energie für andere Verbraucher und für einen Notstart zu haben. Sollte beim Anfahren der Speicher einmal fast leer sein, kann das Hybridgetriebe auch in einem geared neutral-Modus beschleunigt werden (Fig. 8). Dazu wird im Fahrzeugstillstand über Maschine 23 drehzahl geregelt der V-Motor auf seine Leerlaufdrehzahl beschleunigt und gestartet. Maschine 22 wird dabei so drehzahl geregelt, daß der Abtrieb 3 stehenbleibt. Sobald das Fahrpedal betätigt wird, wird der Speicher 25 geladen und der Abtrieb 3 beschleunigt bis  $i = i_1 = i_2$ . Danach wird in den bekannten Hybridmodus umgeschaltet.

Beim elektrischen Bremsen (Fig. 9) hängt das maximale elektrische Bremsmoment von den Vollastmomenten beider Stellmaschinen 22, 23 als Funktion ihrer Drehzahlen ab. Zum Bremsen wird über das Bremspedal ein Lastwert (z. B. 30%) für die lastgeregelt Maschine 23 vorgegeben. Maschine 22 wird auch beim Bremsen drehzahl geregelt, so daß mit Abnahme der Fahrgeschwindigkeit die Übersetzung bis auf maximal  $i = 2$  ansteigt. Da über das Bremspedal auch immer die mechanische Bremse mitbetätigt wird, kann auch bei kleinen Bremsmomenten nur ein Teil der Fahrzeugenergie rekupert werden.

Zum Rückwärtsfahren (Fig. 10) schaltet man das Hybridgetriebe in einen Rangiermodus, bei dem zuerst der V-Motor stillgesetzt wird. Wie beim elektrischen Anfahren wird nun Maschine 23 lastgeregelt und Maschine 22 drehzahl geregelt, aber so, daß  $n_2 = 0/\text{min}$  bleibt. Wenn auch in diesem Betriebszustand höhere Abtriebsdrehmomente gefordert werden als über die Stellmaschinen 22 und 23 allein abstützbar sind, dann wird die Bremse 31 geschlossen, so daß ähnliche Hebel wie bei  $n_{18} = 0/\text{min}$  vorliegen.

Fig. 11 gibt noch eine Übersicht über die einzelnen Betriebszustände, die Schaltung der Bremsen 31 und 32 abhängig vom geforderten Abtriebsdrehmoment sowie die Regelungen der beiden Stellmaschinen und des Verbrennungsmotors.

Fig. 12 verdeutlicht zuletzt noch den Programmschalter mit den Hauptfunktionen Dauerbetrieb und Rangierbetrieb, wobei der Rangierbetrieb zwischen Rangieren vorwärts- und rückwärts unterscheidet.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Hybridgetriebe
- 2 Antriebswelle
- 3 Abtriebswelle
- 4 Stellgetriebe

- 5 Überlagerungsgetriebe
- 6 Schaltgetriebe
- 7 erste Welle (verbunden mit Antriebswelle 2)
- 8 zweite Welle (verbunden mit Abtriebswelle 3)
- 9 dritte Welle (verbunden mit Stellgetriebe 4)
- 10 vierte Welle (verbunden mit Stellgetriebe 4)
- 11 fünfte Welle (verbindbar mit Getriebegehäuse 12)
- 12 Getriebegehäuse
- 13 Planetengetriebe
- 15 Sonnenrad (verbunden mit 22 und dritter Welle 9)
- 16 Sonnenrad (verbunden mit 23 und vierter Welle 10)
- 17 Hohlrad (verbunden mit V-Motor, erster Welle 7 und Antriebswelle 2)
- 18 Hohlrad (verbunden mit fünfter Welle 11)
- 19 Planetenrad
- 20 Planetenrad
- 21 Planetenrad
- 22 erste Stellmaschine
- 23 zweite Stellmaschine
- 24 Leistungssteuerung
- 25 Energiespeicher
- 26 Stator
- 27 Rotor
- 28 Drehzahl- /Drehwinkelsensor
- 29 Flüssigkeitskühlung
- 30 elektrisch betriebene Ölpumpe
- 31 Bremse zur Verbindung Hohlrad 17 mit Gehäuse 12
- 32 Bremse zur Verbindung Hohlrad 18 mit Gehäuse 12
- 33 Bremse zur Verbindung Stellmaschine 23 mit Gehäuse 12
- 34 Kupplung zur Verbindung Hohlrad 17 mit Stegwelle 14

#### Patentansprüche

1. Hybridgetriebe für Fahrzeuge (1), bestehend aus einer Antriebswelle (2), einer Abtriebswelle (3), einem stufenlosen Stellgetriebe (4) und einem Überlagerungsgetriebe (5) und Schaltgetriebe (6), **dadurch gekennzeichnet**, daß das Überlagerungsgetriebe (5) fünf Wellen aufweist, von denen eine erste Welle (7) mit der Antriebswelle (2) und eine zweite Welle (8) mit der Abtriebswelle (3) verbunden ist, während eine dritte Welle (9) und eine vierte Welle (10) über das Stellgetriebe (4) miteinander in Verbindung stehen und eine fünfte Welle (11) im Schaltgetriebe (6) mit dem Getriebegehäuse (12) verbindbar ist.
2. Hybridgetriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Welle (7) des Überlagerungsgetriebes im Schaltgetriebe (6) mit dem Getriebegehäuse (12) verbindbar ist.
3. Hybridgetriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaltgetriebe (6) weitere Schaltelemente, eventuell in Verbindung mit Übersetzungsstufen aufweist, durch deren Betätigung bestimmte Wellen des Überlagerungsgetriebes feste Drehzahlverhältnissen zueinander haben.
4. Hybridgetriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die dritte (9) und/oder die vierte Welle (10) mit dem Getriebegehäuse (12) verbindbar ist.
5. Hybridgetriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Welle (7) direkt mit der zweiten Welle (8) verbindbar ist.
6. Hybridgetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Überlagerungsgetriebe ein Planetengetriebe (13) ist mit einer Stegwelle (14), mehreren Sätzen miteinander kämmender Planetenräder (19, 20, 21), zwei Sonnenrädern (15, 16) und zwei Hohlrädern (17, 18).



7. Hybridgetriebe nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Pflanzenradsatz zwei (19, 20) oder drei Planeten (19, 20, 21) aufweist, wobei in der Version mit zwei Planeten jeder dieser Planeten mit einem Sonnenrad (15, 16) und einem Hohlrad (17, 18) in Eingriff steht, während bei der Version mit drei Planeten einer dieser Planeten mit den beiden anderen und einem Sonnenrad und einem Hohlrad kämmt und die beiden anderen Planeten entweder mit einem Sonnenrad oder einem Hohlrad in Eingriff stehen.

8. Hybridgetriebe nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Welle (7) des Überlagerungsgetriebes mit einem der beiden Hohlräder (17) oder (18) verbunden ist, daß die fünfte Welle (11) mit dem anderen Hohlrad (18) oder (17) verbunden ist, daß die dritte (9) und vierte Welle (10) mit je einem der beiden Sonnenräder (15) oder (16) verbunden sind und das die Stegwelle (14) mit der Abtriebswelle (3) verbunden ist.

9. Hybridgetriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Getriebe eine elektrisch betriebenen Ölpumpe (30) hat.

10. Hybridgetriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellgetriebe (4) ein elektrisches Getriebe mit 2 elektrischen Stellmaschinen (22) und (23), einer elektrischen Leistungssteuerung (24) und einem Energiespeicher (25) für elektrische Energie ist.

11. Hybridgetriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellgetriebe (4) ein hydrostatisches Getriebe mit 2 hydrostatischen Stellmaschinen (22) und (23), einer hydraulischen Leistungssteuerung (24) und einem Energiespeicher (25) für hydraulische Energie ist.

12. Hybridgetriebe nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Energiespeicher (25) für elektrische Energie eine Batterie oder ein elektrisch angetriebener Schwungradspeicher oder eine Kombination aus diesen beiden ist.

13. Hybridgetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaltgetriebe (6) mindestens ein Schaltelement (Kupplung oder Bremse/31, 33 oder 34) mit formschlüssigen Übertragungsgliedern aufweist.

14. Hybridgetriebe nach den Ansprüchen 1 bis 5 und 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaltgetriebe (6) mindestens eine gemeinsame Schaltbetätigung für zwei Schaltelemente aufweist.

15. Hybridgetriebe nach den Ansprüchen 1 bis 5, 13 und 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Bremse (32) zur Verbindung der fünften Welle (11) mit dem Getriebegehäuse (12) reibschlüssige Übertragungsglieder aufweist.

16. Hybridgetriebe nach den Ansprüchen 1 bis 5, 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltelemente elektromotorische, elektromagnetische oder hydraulische Aktoren haben.

17. Hybridgetriebe nach den Ansprüchen 1 bis 5, 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltelemente (31, 32, 33, 34) Sensoren aufweisen, die bei nahezu Lastfreiheit der Übertragungsglieder ein Signal abgeben.

18. Hybridgetriebe nach den Ansprüchen 1 bis 5, 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß im stromlosen Zustand und im Notbetrieb alle Schaltelemente offen sind.

19. Hybridgetriebe nach Anspruch 1 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrischen Stellmaschinen (22, 23) eines elektrischen Stellgetriebes (4) permanenterrege Synchronmaschinen sind.

20. Hybridgetriebe nach Anspruch 1 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrischen Stellmaschinen (22, 23) eines elektrischen Stellgetriebes (4) Asynchronmaschinen oder Reluktanzmaschinen sind.

21. Hybridgetriebe nach einem der Ansprüche 1 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellmaschinen (22, 23) eines elektrischen Stellgetriebes (4) außenliegende Statoren (26) und innenliegende Rotoren (27) aufweisen.

22. Hybridgetriebe nach einem der Ansprüche 1, 10 und 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Statoren (26) elektrischer Stellmaschinen (22, 23) innerhalb einer Flüssigkeitskühlung (29) sitzen.

23. Hybridgetriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellmaschinen (22, 23) des Stellgetriebes (4) koaxial zueinander angeordnet sind.

24. Hybridgetriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Stellmaschinen (22, 23) des Stellgetriebes (4) koaxial zum Überlagerungsgetriebe (5) angeordnet ist.

25. Hybridgetriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf mindestens zwei Wellen des Überlagerungsgetriebes (5), vorzugsweise den Anschlußwellen des Stellgetriebes (4), Sensoren (26) für Drehzahlen und eventuell Drehwinkel sitzen.

26. Hybridgetriebe nach Anspruch 1 und 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistungssteuerung (24) des elektrischen oder hydrostatischen Stellgetriebes (4) einen regelbaren elektrischen oder hydraulischen Zwischenkreis, je einen Regler für die beiden Maschinen (22, 23) und eventuell einen Regler für den Energiespeicher (25) aufweist.

27. Verfahren zur Regelung eines Hybridgetriebes nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung über einen Programmwählhebel angesteuert wird, der zwischen den bekannten Programmschaltern P für Parken und N für Neutral das Programm R für den Rangiermodus anwählt, wobei die beiden Programmateile Rangieren vorwärts und Rangieren rückwärts getrennt wählbar sind, und der einen weiteren Programmschalter D für den Dauerbetrieb aufweist.

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß im Programm D beim Anfahren mit kleiner Last die beiden Stellmaschinen des Stellgetriebes alleine das Abtriebsdrehmoment und das Schleppmoment an der Abtriebswelle abstützen, wobei eine der Stellmaschinen lastgeregelt und die andere so drehzahlgeregelt wird, daß die fünfte Welle stillsteht.

29. Verfahren nach Anspruch 27 und 28, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer so hohen Abtriebslast, bei der ein Grenzmoment einer der beiden Stellmaschinen überschritten wird, die fünfte Welle mit dem Getriebegehäuse verbunden wird und daß ab diesem Zeitpunkt beide Stellmaschinen lastgeregelt werden.

30. Verfahren nach den Ansprüchen 27 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß ein mit der Abtriebswelle verbundener Verbrennungsmotor erst befeuert wird, wenn die Abtriebswelle eine Minstdrehzahl erreicht hat und daß dabei die Momente der Stellmaschinen soweit verändert werden, daß das Abtriebsmoment dabei konstant bleibt.

31. Verfahren nach den Ansprüchen 27 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß das Sollwertgebersignal für das Abtriebsdrehmoment im rein elektrischen oder hydraulischen Antriebsmodus den Sollwert für die Momentenregelung des Stellgetriebes vorgibt und daß dieser Sollwert für das Stellgetriebe aus dem Kennfeld des V-Motors und den Zähnezahlen des Überlagerungsgetrie-



bes errechnet wird.

32. Verfahren nach den Ansprüchen 27 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß auch bei treibendem Verbrennungsmotor die gehäusefeste fünfte Welle erst dann vom Gehäuse gelöst wird, wenn durch vollständige Lastübernahme durch den V-Motor und die beiden Steilmaschinen des Stellgetriebes die fünfte Welle lastfrei ist. 5

33. Verfahren nach den Ansprüchen 27 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß bei treibendem V-Motor und nicht gehäusefester fünfter Welle eine Steilmaschine lastgeregelt und die andere drehzahlgeregelt wird, wobei die Drehzahlregelung der einen Steilmaschine die Getriebeübersetzung zwischen Antriebswelle und Abtriebswelle regelt und die Lastregelung der anderen Steilmaschine die Aufteilung zwischen Antriebsleistung des V-Motors, Lade- oder Entladeleistung des Speichers und Abtriebsleistung des Getriebes. 10 15

34. Verfahren nach den Ansprüchen 27 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß im Bremsbetrieb der V-Motor und die fünfte Welle geschleppt werden und über das Bremspedal der mechanischen Fahrzeugbremse und ein Bremskennfeld an der lastgeregelten Steilmaschine ein Lastwert eingestellt wird, während die drehzahlgeregelte Steilmaschine weiterhin die Übersetzung regelt. 20 25

35. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß unterhalb eines bestimmten Energieinhaltes des Speichers zum Anfahren und Beschleunigen über die lastgeregelte Steilmaschine zuerst der V-Motor beschleunigt wird, während die drehzahlgeregelte Steilmaschine für den Stillstand der Abtriebswelle sorgt, und das Fahrzeug erst beschleunigt wird, nachdem der V-Motor gestartet wurde. 30

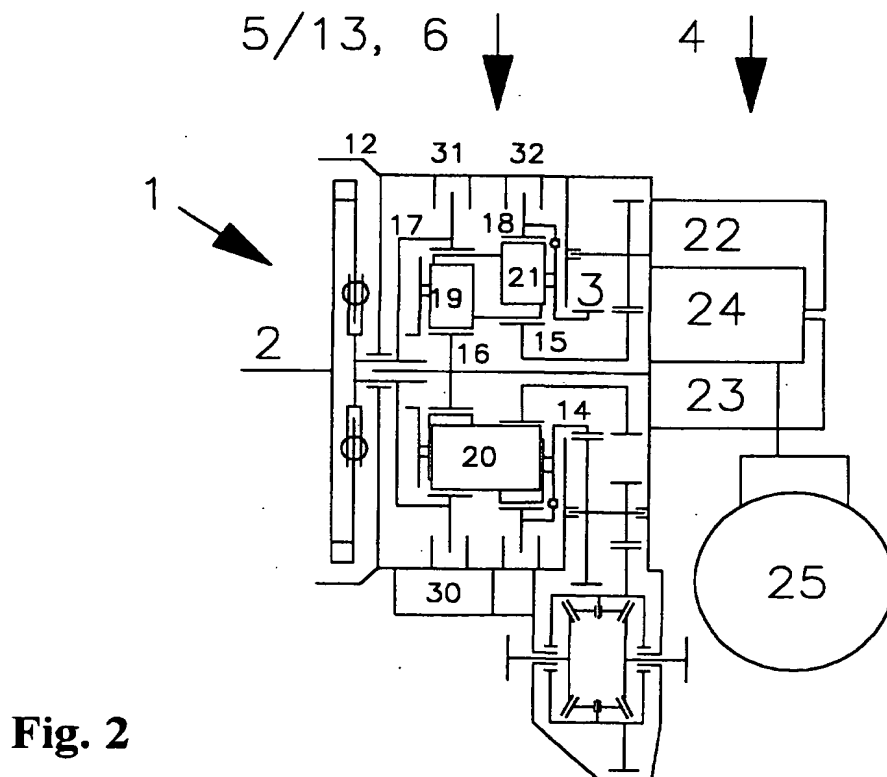
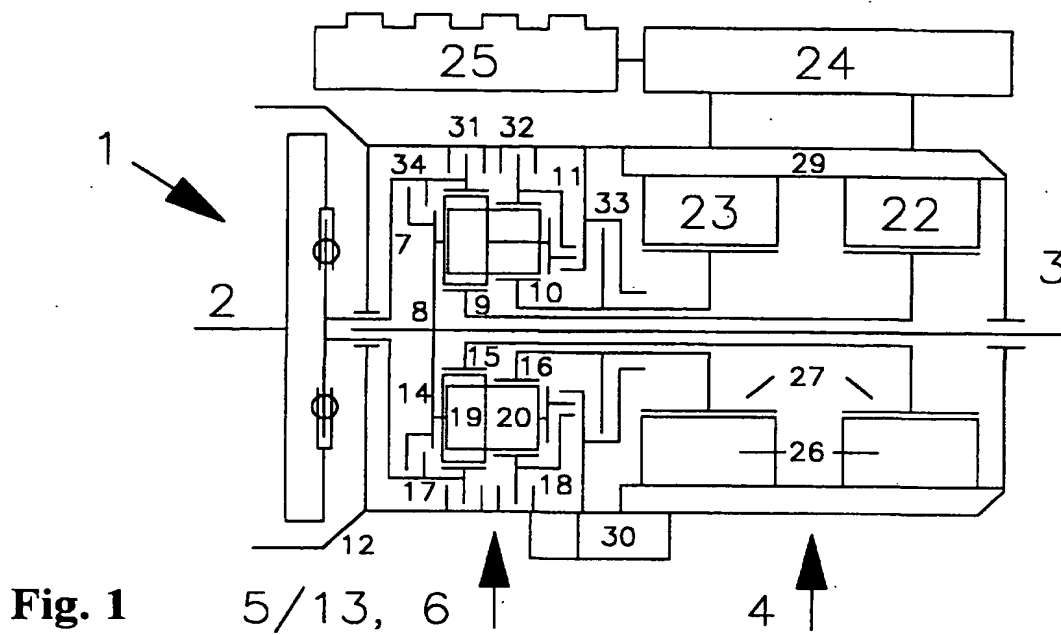
36. Verfahren nach Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß im Rangiermodus das Fahrzeug rein elektrisch oder hydraulisch über eine lastgeregelte und eine drehzahlgeregelte Steilmaschine gefahren wird, wobei die Drehzahlregelung für eine stehende Antriebswelle sorgt. 35

37. Verfahren nach den Ansprüchen 27 und 36, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer so hohen Abtriebslast im Rangierbetrieb, bei der ein Grenzmoment einer der beiden Steilmaschinen überschritten wird, die Antriebswelle mit dem Getriebegehäuse verbunden wird, daß ab diesem Zeitpunkt beide Steilmaschinen lastgeregelt werden und daß die Verbindung der Antriebswelle mit dem Getriebegehäuse erst wieder gelöst wird, wenn die Schaltelemente lastfrei sind. 40 45

38. Verfahren nach den Ansprüchen 27 bis 37, dadurch gekennzeichnet, daß während der Vorwärtsfahrt aus dem Rangierprogramm in das Dauerprogramm gewechselt werden kann, wenn alle Schaltelemente offen sind, wobei dann der V-Motor bei drehendem Abtrieb hochbeschleunigt und befeuert wird, wobei der Motorstart durch Drehmomentanpassung am Stellgetriebe ohne Drehmomentstoß am Abtrieb vor sich geht. 50 55

39. Verfahren nach den Ansprüchen 27 bis 38, dadurch gekennzeichnet, daß während der Vorwärtsfahrt aus dem Dauerprogramm in das Rangierprogramm gewechselt werden kann, wenn alle Schaltelemente offen sind, wobei dann der V-Motor bei drehendem Abtrieb verzögert und stillgesetzt wird, wobei der Motorstopp durch Drehmomentanpassung am Stellgetriebe ohne Drehmomentstoß am Abtrieb vor sich geht. 60 65

- Leerseite -



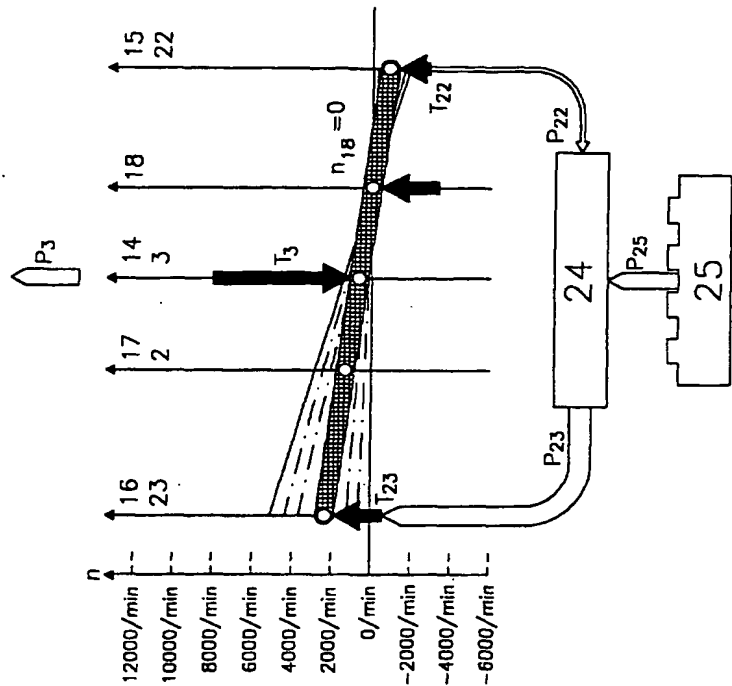


Fig. 4

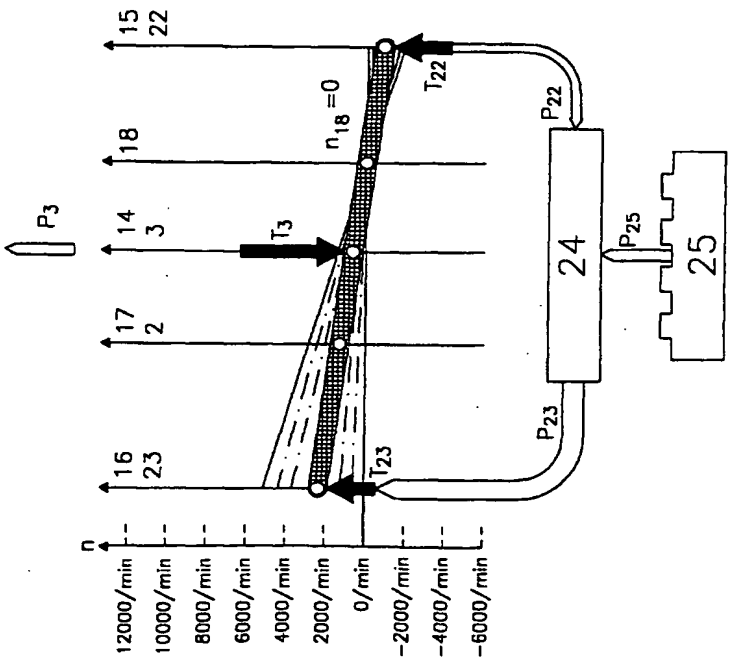
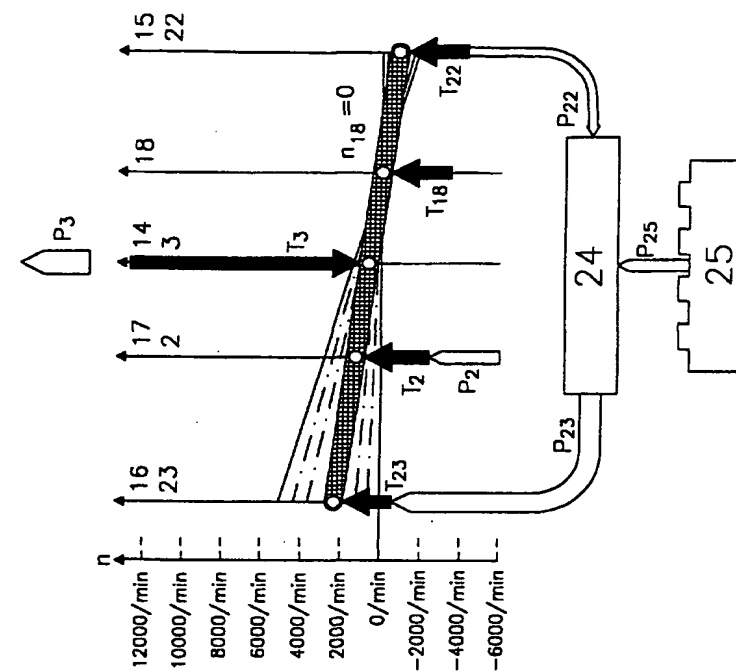
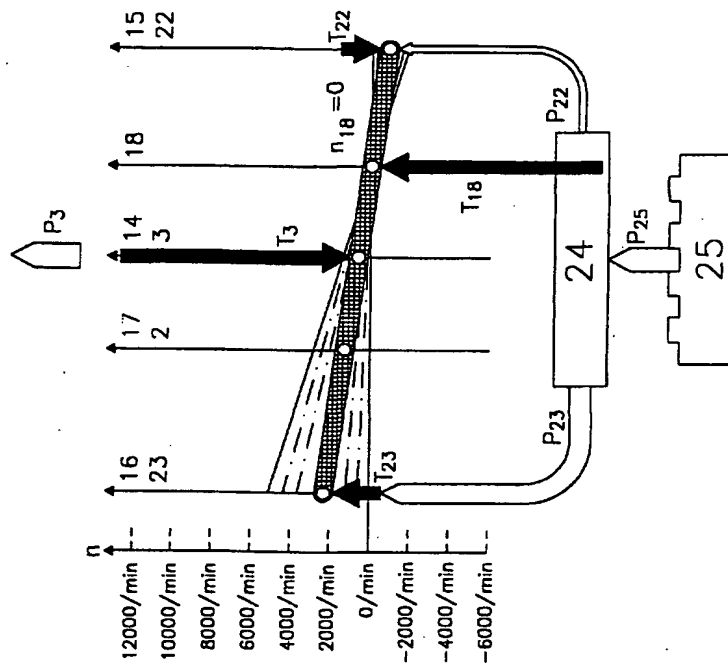


Fig. 3



**Fig. 6**



**Fig. 5**

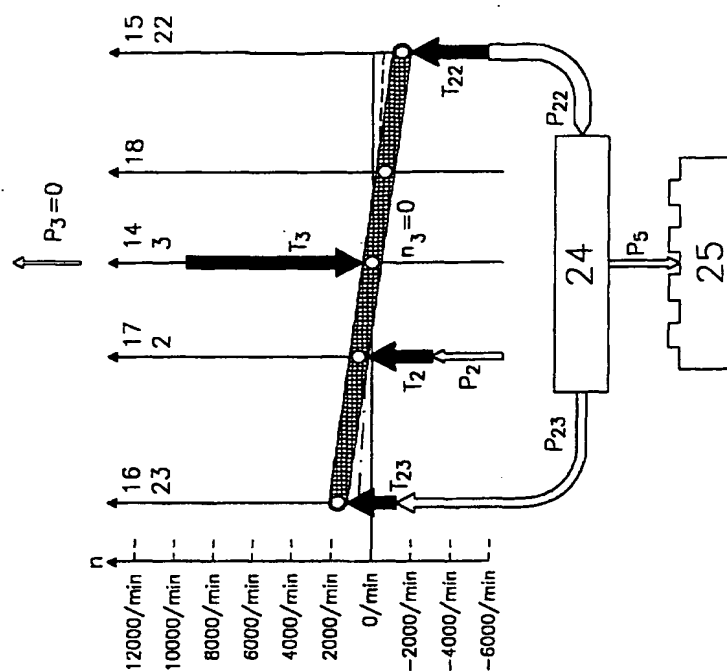


Fig. 8

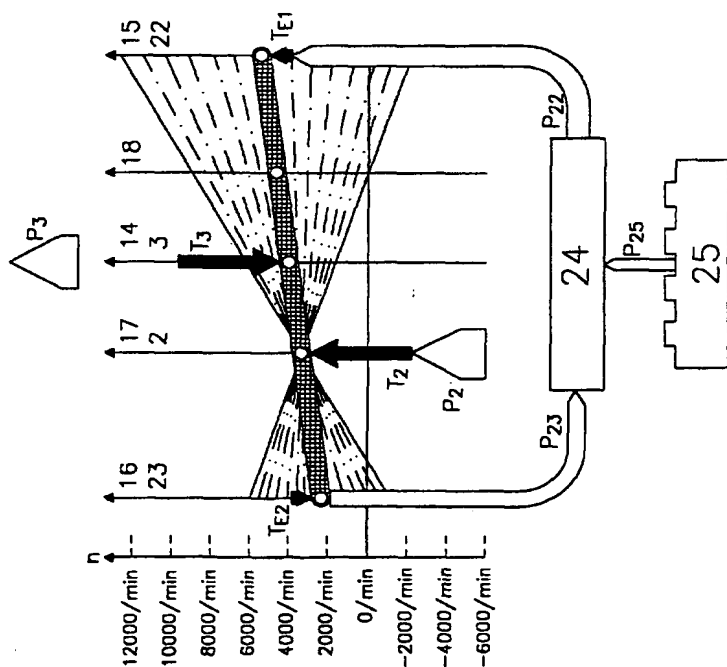


Fig. 7

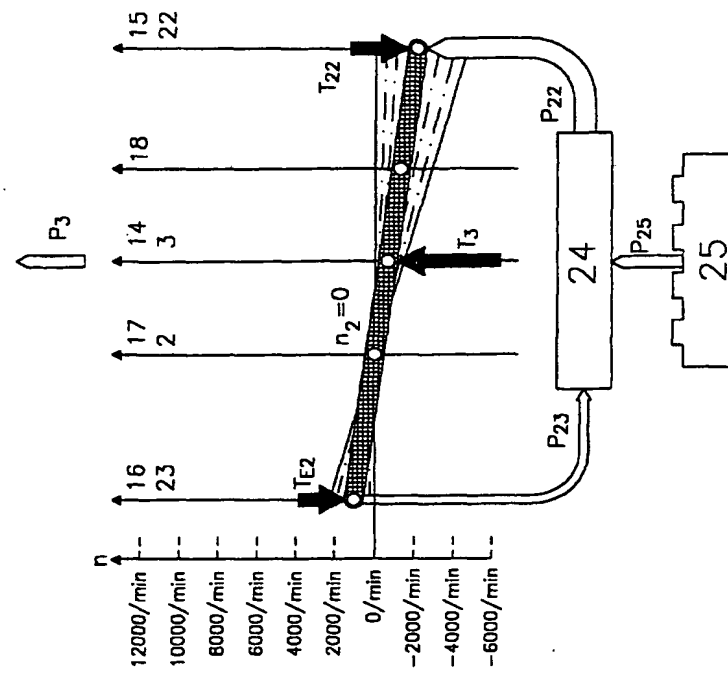


Fig. 10

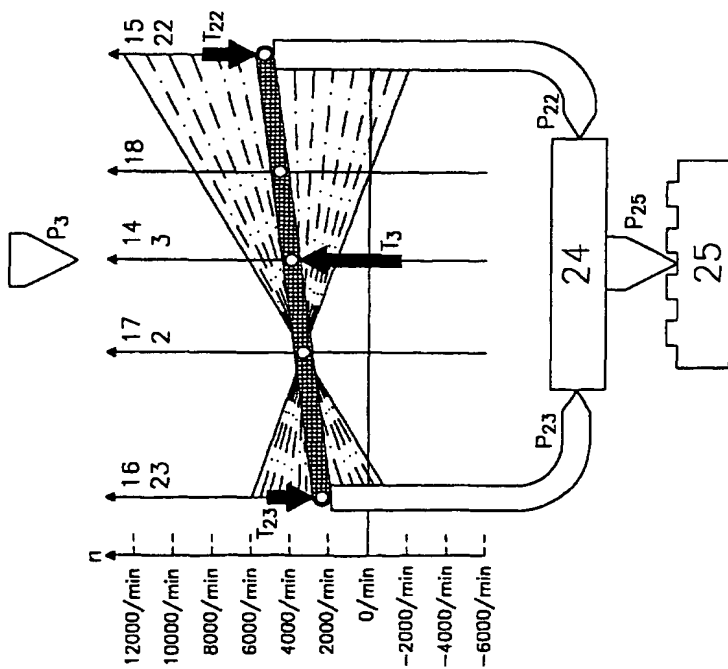


Fig. 9



Betriebsmodus	T3	Stellmaschine		V-Motor	Welle 18
		22	23		
Elektrisches Anfahren	klein	drehzahlgeregelt	lastgeregelt	geschleppt	Bremse 32 auf
	hoch	lastgeregelt	lastgeregelt	geschleppt	Bremse 32 zu
Hybrides Fahren mit $i = i_1$ ca. 2	hoch	lastgeregelt	lastgeregelt	lastgeregelt	Bremse 32 zu
	ca. -2·T2	geschleppt	geschleppt	lastgeregelt	Bremse 32 zu
Hybrides Fahren $i_1 > i > i_{min}$		drehzahlgeregelt	lastgeregelt	lastgeregelt	Bremse 32 auf
Geared neutral Anfahren $i > i_1$	klein	drehzahlgeregelt	lastgeregelt	lastgeregelt	Bremse 32 auf
Elektrisch Bremsen	f(n3,n2)	drehzahlgeregelt	lastgeregelt	geschleppt	Bremse 32 auf
Rangieren	klein	drehzahlgeregelt	lastgeregelt	Bremse 31 auf	Bremse 32 auf
	hoch	lastgeregelt	lastgeregelt	Bremse 31 zu	Bremse 32 auf

Fig. 11

<b>P</b>		=	Parken	Elektrisch entriegelte, federbelastete mechanische Parksperre auf Abtriebswelle wirkend
<b>Rr</b>	<b>Rv</b>	=	Rangieren	Rangieren vorwärts und Rangieren rückwärts in einer Fahrschalteebene
<b>N</b>		=	Neutral	Beide E-Maschinen lastfrei, alle Schaltelemente offen
<b>D</b>		=	Dauerbetrieb	Elektrisches Anfahren + hybrides Fahren mit adaptiver Drehzahlregelung. Anfahren mit geared neutral wird über den Ladezustand des Speichers automatisch erkannt.

Fig. 12